

PATENT
ATTORNEY DOCKET NO. 0055/057001

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Hiroaki MATSUMURA Art Unit:
Application No.: filed concurrently Examiner:
Filed : November 25, 2003
Title : RIDGE WAVEGUIDE SEMICONDUCTOR LASER DIODE

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119, applicant hereby claims the benefit of the filing date of Japanese Patent Application Nos. 2002-340625 filed on November 25, 2002 and 2003-305555 filed on August 28, 2003.

In support of applicant's claim for priority, filed herewith are certified copies of the Japanese priority documents.

It is respectfully requested that the receipt of the certified copies attached hereto be acknowledged in this application.

If any fees are due in connection with this filing, please charge our Deposit Account No. 19-2586, referencing Attorney Docket No. 0055/057001.

Submission of Priority Documents
Application No.: filed concurrently
Page 2

If there are any questions regarding this application, please telephone the undersigned at the telephone number listed below.

Respectfully submitted



Randolph A. Smith
Reg. No. 32,548

Date: November 25, 2003

SMITH PATENT OFFICE
1901 Pennsylvania Ave., N.W.
Suite 200
Washington, D.C. 20006-3433
Telephone: 202/530-5900
Facsimile: 202/530-5902
Matsumura112503

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2002年11月25日
Date of Application:

出願番号 特願2002-340625
Application Number:

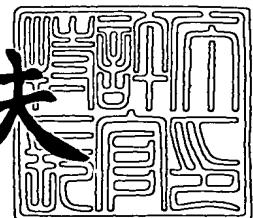
[ST. 10/C] : [JP2002-340625]

出願人 日亜化学工業株式会社
Applicant(s):

2003年10月17日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 186244

【提出日】 平成14年11月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/30

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亞化学工業

株式会社内

【氏名】 松村 拓明

【特許出願人】

【識別番号】 000226057

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡491番地100

【氏名又は名称】 日亞化学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100074354

【弁理士】

【氏名又は名称】 豊栖 康弘

【代理人】

【識別番号】 100091465

【弁理士】

【氏名又は名称】 石井 久夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010526

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0118100

【包括委任状番号】 9714020

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 リッジ導波路型半導体レーザ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 活性層を挟む n 側半導体層及び p 側半導体層と、前記 p 側半導体層に形成された導波路形成用のリッジ部と、前記リッジ部を、その頂面の少なくとも一部が露出するように覆う絶縁保護膜と、前記絶縁保護膜から露出したリッジ部にオーム接觸した p 側オーム電極と、該 p 側オーム電極に電気接觸するよう形成された p 側パッド電極とを備えたリッジ導波路型半導体レーザにおいて、

前記 p 側オーム電極と前記 p 側パッド電極の間に、低融点金属の拡散を防止可能な拡散防止層が形成され、該拡散防止膜が、少なくとも前記絶縁保護膜から露出した前記リッジ部を覆うことを特徴とするリッジ導波路型半導体レーザ。

【請求項 2】 前記拡散防止層が、さらに前記リッジ部の側面をも覆うよう形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載のリッジ導波路型半導体レーザ。

【請求項 3】 前記拡散防止層が、酸化物、窒化物又は高融点金属から選択された 1 種であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のリッジ導波路型半導体レーザ。

【請求項 4】 前記拡散防止層が、 SiO_2 、 AlN 、 SiN 、 GaN 、 AlGaN 、 InGaN 、 Pt からなる群から選択された 1 種であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のリッジ導波路型半導体レーザ。

【請求項 5】 前記絶縁保護膜の上に、第 2 の絶縁保護膜が形成されており、前記拡散防止層が、前記第 2 の絶縁保護膜と同一組成から成ることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のリッジ導波路型半導体レーザ。

【請求項 6】 前記リッジ部近傍で前記 p 側パッド電極に低融点金属を含む導電性接合剤がボンディングされたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のリッジ導波路型半導体レーザ。

【請求項 7】 前記リッジ導波路型半導体レーザの半導体層が、窒化物半導体 ($\text{In}_x \text{Al}_y \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x + y \leq 1$) から成ることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のリッジ導波路型半導体レ

ーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本件発明は、リッジ導波路型半導体レーザに関し、特に、リッジ導波路型半導体レーザの実装後における信頼性を向上可能なリッジ構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、DVDなどの光ディスク、医療機器、加工機器、光ファイバー通信等の光源として半導体レーザが広く利用されている。特に、窒化物半導体 ($In_xAl_{y}Ga_{1-x-y}N$ 、 $0 \leq x, 0 \leq y, x + y \leq 1$) から成る半導体レーザは、比較的短波長の紫外域から赤色が発光可能な半導体レーザ素子として注目されている。

【0003】

これらの半導体レーザでは、横モード制御のためのストライプ構造として、利得導波と屈折率導波を同時に実現することのできるリッジ導波路型が採用されることが多い。また、特に窒化物半導体レーザは、熱伝導率が小さなサファイア基板等に形成される場合が多いため、レーザ素子放熱性を向上するために、活性層に近いp電極側を下にするフェイスダウンボンディングによって実装することが有利である。

【0004】

図5は、リッジ導波路型レーザをフェイスダウンボンディングした従来例を示す概略断面図である（例えば、特許文献1参照）。図5において、窒化物半導体レーザ10は、実装基板20上に半田などの導電性接合剤23を用いてフェースダウン実装されている。窒化物半導体レーザ10は、基板11の上にn型窒化物半導体層12、活性層13、p型窒化物半導体層14を順次積層し、p型窒化物半導体層にストライプ状のリッジ部14aを形成したリッジ導波路型レーザである。窒化物半導体層レーザ10のn型電極16及びp型電極15及び19は、半田などの導電性接合剤23によって、実装用基板20の電極21及び22に接

合されている。

【0005】

【特許文献1】 特開2000-58965号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来のリッジ導波路型半導体レーザでは、レーザ10を実装基板20に実装した後、初期のレーザ特性に異常が生じたり、素子寿命が短くなる等の問題があった。

【0007】

そこで、本件発明は、リッジ導波路型半導体レーザにおいて、実装時に生じるレーザ特性異常や寿命特性の劣化を防止することのできる、新規なレーザ素子構造を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本件発明者らは、種々検討を重ねた結果、リッジ導波路型レーザを実装した後に生じるレーザ特性異常や寿命劣化が、リッジ部に生じる異常が原因であること、特に、実装時に用いる導電性接合剤のp側オーム接合部への拡散や、リッジ部における絶縁保護膜やp型電極の剥離に原因があることを見出し、本件発明を成すに至った。

【0009】

このことを、図6を用いて説明する。図6は、窒化物半導体レーザのリッジ部を拡大した部分断面図である。尚、図6は、図5と上下逆転した図面を表している。図6に示すように、窒化物半導体レーザ10のp型窒化物半導体層14には、導波路形成用のリッジ14aが設けられ、リッジ14aの頂面を露出するよう第1の絶縁保護膜17が形成されている。第1の絶縁保護膜17には、リッジ14aと光屈折率の違いが大きな材料が用いられており、その光屈折率の違いに基づいてリッジ14aが光閉じ込め機能を発揮する。さらに、リッジ部14aの全体を覆うようにp側オーム接合部15が形成されており、リッジ14aの頂面に露出したp型窒化物半導体14との間にオーム接合を形成している。ま

た、リッジ部14aから離間して、第1の絶縁保護膜17の上に、第2の絶縁保護膜18が形成されている。

【0010】

このリッジ部14aにおいて、p側オーム電極15と実装基板との接合は次のようにして行われる。まず、p側オーム電極15の上には、導電性接合剤23との接合性が良い金属から成るp側パッド電極19が形成されており、p側パッド電極19が導電性接合剤23によって実装基板の電極と接合される。この接合が、レーザ素子を実装基板に押し付けながら、導電性接合剤の融点以上に加熱することにより行われる。

【0011】

本件発明者らは、動作不良を生じたレーザ素子を種々検討した結果、導電性接合剤23中のSnなどの金属成分が、リッジ部14aを覆うp側オーム電極15に到達し、p側オーム電極15とp型窒化物半導体14とのオーム接觸を阻害していることを見出した。導電性接合剤23としては、通常、半田等の低融点金属が用いられるが、接合時の加熱により、その低融点金属(Sn等)がp側パッド電極19内を拡散し、p側オーム電極15に到達するものと推定される。Sn等の低融点金属は、p側オーム電極15に到達すると、p側オーム電極15とp型窒化物半導体の間のオーム接觸を阻害し、接触抵抗を増大させる。

【0012】

また、上記問題の他に、本件発明者らは、p型窒化物半導体層のリッジ部14aの側面において、p型窒化物半導体層14と第1の絶縁保護膜17との間や、絶縁保護膜17とp側オーム電極15との間に剥離が生じる結果、レーザ素子の特性劣化や寿命劣化を引き起こしていることも見出した。フェイスダウンボンディングによってレーザチップを実装基板に接合する場合、レーザチップの構造上、最も突出したリッジ部14aに大きな力が加わる。しかも、リッジ部14aの側面、特に、リッジ14aの側面と頂面を結ぶ角部25や側面と底面を結ぶ角部26は、製膜工程の一般的な傾向として、第1の絶縁保護膜17の膜厚が薄くなり易い。また、絶縁保護膜は、一般に、窒化物半導体や金属との密着性がよ

くない。このため、レーザチップを実装基板に接合する際の熱や加圧によって、第1の絶縁保護膜17とp型窒化物半導体層14の間や、第1の絶縁保護膜17とp側オーム電極15に剥離が生じてしまう。第1の絶縁保護膜17に剥離が生じると、リッジ部14aの周囲の光屈折率が異常となるため、リッジ部14aによる光閉じ込め機能が著しく阻害されることになる。

【0013】

尚、このような事情は、フェイスダウンボンディングによってリッジ導波路型半導体レーザ素子の実装を行う場合に限らない。レーザ素子のリッジ部近傍においてp側パッド電極に低融点金属から成る導電性接合剤による接合を行う実装方法であれば、全く同様の問題が生じることになる。

【0014】

そこで、本件発明に係るリッジ導波路型半導体レーザは、活性層を挟むn側半導体層及びp側半導体層と、前記p側半導体層に形成された導波路形成用のリッジ部と、前記リッジ部を、その頂面の少なくとも一部が露出するように覆う絶縁保護膜と、前記絶縁保護膜から露出したリッジ部にオーム接觸したp側オーム電極と、該p側オーム電極に電気接觸するよう形成されたp側パッド電極とを備えたリッジ導波路型半導体レーザにおいて、前記p側オーム電極と前記p側パッド電極の間に、前記低融点金属の拡散を防止可能な拡散防止層が形成され、該拡散防止膜が、少なくとも前記絶縁保護膜から露出した前記リッジ部を覆うことを特徴とする。

【0015】

p側オーム電極とp側パッド電極の間に、拡散防止層を形成することにより、リッジ部への低融点金属の拡散を抑制し、p側オーム電極とp側半導体層とのオーム接觸が阻害されることを防止できる。

【0016】

また、リッジ部の側面における絶縁保護膜の剥離を防止するために、拡散防止層がさらにリッジ部の側面をも覆うよう形成されていることが好ましい。拡散防止層がリッジ部の側面まで広がり、絶縁保護膜の剥離が生じやすいリッジ側面と頂面を結ぶ角部や、リッジ側面と底面を結ぶ角部を埋めることにより、絶縁保護

膜に加わる熱や圧力の集中が緩和され、絶縁保護膜の剥離を防止できる。

【0017】

拡散防止層は、低融点金属の拡散を防止することができる材料であれば特に限定されず、絶縁物、半導体、金属のいずれでも用いることができる。拡散防止層として好ましい材料は、酸化物、窒化物又は高融点金属等であり、例えば、SiO₂、AlN、SiN、GaN、AlGaN、InGaN、Pt等を用いることが好ましい。尚、拡散防止層が、絶縁物または半導体である場合には、p側オーム電極とp側パッド電極との電気接触が保たれるように、拡散防止層をp側オーム電極の一部が露出するように形成する必要がある。

【0018】

また、絶縁保護膜の上に、第2の絶縁保護膜（例えば、n電極形成領域以外を絶縁保護するための膜）が形成されている場合、前記拡散防止層が、第2の絶縁保護膜と同一組成から成ることが好ましい。こうすることにより、従来の製造方法に新たな工程を加えなくとも、第2の絶縁保護膜を形成するフォトリソグラフィのマスク形状に変更を加えるだけで、拡散防止層を形成することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

実施の形態1.

図1は、本実施の形態に係るリッジ導波路型半導体レーザを模式的に示す断面図である。図1において、窒化物半導体レーザ10は、実装基板20上に半田などの導電性接合剤23を用いてフェースダウン実装されている。窒化物半導体レーザ10は、サファイア等の絶縁性基板11の上にn側窒化物半導体層12、活性層13、p側窒化物半導体層14を順次積層し、p側窒化物半導体層にストライプ状のリッジ部を形成したリッジ導波路型レーザである。n側窒化物半導体層12とp側窒化物半導体層14は、各々、主として活性層13に電子と正孔を供給する機能を有し、一般的にはn型窒化物半導体とp型窒化物半導体から成る。窒化物半導体レーザ10のn側電極16及び29並びにp側電極15及び19は、半田などの導電性接合剤23によって、実装用基板20の電極21及び22に

接合されている。

【0020】

尚、本実施の形態において、接合前の導電性接合剤23は、図1に示すように、Sn、Pb、Ag、Bi、Cu、In、Zn等から成る低融点金属層23aとAu、Pt等の酸化しにくい金属から成る保護層23bの2層から成る。保護層23bは、低融点金属層23aが接合前に空気酸化を受けることを防止する機能を有し、接合時の熱と圧力によって破れる程度の薄膜に形成されている。即ち、接合時の熱と圧力によって、保護層23bが破れると共に低融点金属層23aが溶融し、窒化物半導体レーザ10と実装用基板20の電極を接合する。

【0021】

また、窒化物半導体レーザ10のn側電極16及び29は、p側窒化物半導体層14及び活性層13を取り除いて露出させたn側窒化物半導体層12の表面に形成されているため、p側電極17及び19と異なる高さにある。そこで、その高さの相違を補償するために、実装用基板20側のパッド電極22の上にAu層24bとPt層24aの2層から成る電極24が形成されている。

【0022】

本件発明の特徴であるリッジ部近傍の構造について図2を参照しながら説明する。図2は、図1のリッジ部近傍の構造を拡大して示す部分拡大断面図である。尚、図2は、図1と上下逆転した図面を表している。図2に示すように、窒化物半導体レーザ10のp型窒化物半導体層14には、導波路形成用のリッジ14aが設けられ、リッジ14aの頂面を露出するように第1の絶縁保護膜17が形成されている。第1の絶縁保護膜17には、リッジ14aと光屈折率の違いが大きな材料が用いられており、その光屈折率の違いに基づいてリッジ14aが光閉じ込め機能を發揮する。さらに、リッジ部14aの全体を覆うようにp側オーミック電極15が形成されており、リッジ14aの頂面に露出したp型窒化物半導体14との間にオーミック接合を形成している。また、リッジ部14aから離間して、第1の絶縁保護膜17の上に、第2の絶縁保護膜18が形成されている。

【0023】

そして、p側オーミック電極15とp側パッド電極19の間には、第1の絶縁

保護膜 17 から露出したリッジ部 14a の頂面を覆うように拡散防止層 30 が形成されている。即ち、拡散防止層 30 は、p 側オーミック電極 15 と p 側窒化ガリウム系化合物半導体層 14 とのオーミック接合部を少なくとも覆うように形成されている。このようにして形成された拡散防止膜 30 は、実装基板への接合時の加熱と加圧によって、又は、実装後の通電によって、Sn、Pb、Ag、Bi、Cu、In、Zn 等の低融点金属を組成に含む導電性接合剤 23 から低融点金属が拡散して p 側オーミック電極 15 に到達することを抑制する。従って、窒化物半導体レーザの実装、又はその後の通電による p 側オーミック電極の接触不良の発生が抑制される。

【0024】

また、拡散防止層 30 は、リッジ 14a の頂面から側面の全面を覆うように形成されており、リッジ 14a の頂面と側面を結ぶ角部 25 と、頂面と底面を結ぶ角部 26 を埋めるように形成されている。こうした角部 25 及び 26 では、半導体製造プロセスの一般的な傾向として、その上に形成される第 1 の保護絶縁膜 17 や p 側オーミック電極 15 の膜厚が局所的に薄くなる。その結果、角部 25 及び 26において、第 1 の保護絶縁膜 17 や p 側オーミック電極が溝状に掘れたような形状となる。拡散防止層 30 が、これらの溝を埋めることにより、角部 25 及び 26 における熱や圧力を緩和して、第 1 の保護絶縁膜 17 が p 型窒化ガリウム系化合物半導体 14 から剥離することや、p 側オーミック電極 15 が第 1 の保護絶縁膜 17 から剥離することを防止することができる。従って、剥離によってリッジ部 14a の光閉じ込め機能に異常が生じることを防止することができる。

【0025】

拡散防止層 30 は、導電性接合剤 23 からの低融点金属の拡散を防止することができる材料であれば特に限定されず、絶縁物、半導体、金属のいずれでも用いることができる。但し、拡散防止層 30 は、p 側オーミック電極 15 のオーミック接合を阻害するような材料であってはならない。例えば、拡散防止層 30 には、Sn、Pb、Ag、Bi、Cu、In、Zn 等の低融点金属が p 側オーミック電極 15 のオーミック接合を阻害するような濃度で含まれないようにする必要がある。また、拡散防止層 30 が、p 側電極 15 と反応しない材料であることが好

ましい。拡散防止層として好ましい材料は、酸化物、窒化物又は高融点金属等であり、例えば、SiO₂、AlN、SiN、GaN、AlGaN、InGaN、Pt等を用いることが好ましい。

【0026】

なかでも、拡散防止層30を、SiO₂等の絶縁物で形成すれば、拡散防止層30と第2の絶縁保護膜18とを同時に形成することができる。即ち、従来の製造方法に新たな工程を付加しなくても、第2の保護絶縁膜18を形成する際のマスクパターンに変更を加えるだけで、拡散防止層30を形成することができる。尚、拡散防止層30が絶縁物又は半導体である場合には、p側オーム電極15とp側パッド電極19との電気接觸が保たれるように、p側オーム電極15の一部が露出するように拡散防止層30を形成する必要がある。図1に示す例では、基板上面から見て、拡散防止層30の形成面積をp側オーム電極15よりも狭くすることにより、p側オーム電極15とp側パッド電極19の間の電気接觸を確保している。

【0027】

実施の形態2.

本実施の形態では、本発明に係るリッジ導波路型窒化物半導体レーザの製造方法について説明する。

図3（a）～（e）は、本発明に係るリッジ導波路型窒化物半導体レーザのp型窒化物半導体層の部分を上面から見た図であり、電極等を形成する工程を示す。

【0028】

まず、図3（a）に示すように、p型窒化物半導体層の上にストライプ状のリッジ部を形成する。p型窒化物半導体層の一部をエッチング等の手段により除去することで凸部を形成し、リッジ部とする。リッジ部は、凸部の底面側の幅が広く上面に近づくに従ってストライプ幅が小さくなる順メサ形状であっても、逆に凸部の平面に近づくにつれてストライプの幅が小さくなる逆メサ形状でも良い。また、積層面に垂直な側面を有するストライプであっても良い。

【0029】

次に、図3（b）に示すように、リッジ部14aの頂面を除いて、p型窒化物半導体層14の全面を覆うように、第1の絶縁保護膜17を形成する（＝図3（b）の斜線の領域）。第1の絶縁保護膜17には、p型窒化物半導体14と屈折率差が大きな材料を用いることが好ましく、例えば、ZrO₂、SiO₂、Al₂O₃、AlN、BN、DLC、C、MgO、SiN、SiON、CrO、ZnO、GaO、AlGaN、HfO、Ta₂O₅等を用いることができる。

【0030】

次に、図3（c）に示すように、p型窒化物半導体14及び第1の絶縁保護膜のほぼ全面を覆うようにp側オーム電極15を形成し、リッジ部14aの頂面でp型窒化物半導体層14とp側オーム電極15をオーム接觸させる。

【0031】

次に、図3（d）に示すように、第2の絶縁保護膜18と拡散防止膜30を同時形成する。即ち、p側オーム電極15よりも広い範囲に第2の絶縁保護膜18を形成し、リッジに平行な細長い開口部18aをリッジ部14aの両脇に1個づつ設ける。この開口部18aは、p側オーム電極15と少なくとも重なるように、好ましくは開口部18aがp側オーム電極15の内側に位置するように形成する。これら2つの開口部18aに挟まれた領域18bが拡散防止膜30となる。尚、この第2の絶縁保護膜18（兼拡散防止膜30）は、n電極の形成領域を除いてレーザチップの側面まで覆うように形成する。第2の絶縁保護膜18（兼拡散防止膜30）には、SiO₂、ZrO、SiC、TiO₂、ZnO、Al₂O₃、AlN、BN、DLC、C、MgO、SiN、SiON、CrO、ZnO、GaO、AlGaN、HfO、Ta₂O₅等を用いることができる。

【0032】

次に、図3（e）に示すように、第2の保護絶縁膜18よりも内側で、p側オーム電極15よりも外側にp側パッド電極19を形成する。p側パッド電極19は、第2の保護絶縁膜18に設けられた開口部18aを介してp側オーム電極15と電気的に接觸することができる。

【0033】

このような製造方法を用いれば、従来の製造方法に新たな工程を加えなくとも、第2の絶縁保護膜18を形成するフォトリソグラフィのマスク形状に変更を加えるだけで、拡散防止層30を形成することができる。

【0034】**【実施例】**

以下、本発明の実施例について説明する。

本発明において、積層構造体を構成するn型窒化物半導体層、活性層、p型窒化物半導体層としては、特に限定されず、種々の層構造を用いることができる。デバイスの具体的な構造としては、例えば後述の実施例に記載されているデバイス構造が挙げられる。また、電極、絶縁膜（保護膜）等も特に限定されず種々のものを用いることができる。積層構造に用いる窒化物半導体としては、GaN、AlN、若しくはInNなどの窒化物半導体や、これらの混晶であるIII-V族窒化物半導体($In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$)を用いることができる。窒化物半導体の成長は、MOVPE、MOCVD（有機金属化学気相成長法）、HVPE（ハライド気相成長法）、MBE（分子線気相成長法）等、窒化物半導体を成長させるのに知られている全ての方法を適用できる。

以下、実施例として窒化物半導体を用いた半導体レーザ素子について説明するが、本発明の半導体レーザ素子は、これに限らず、本発明の技術的思想において、様々な半導体に実施できることは言うまでもない。

【0035】**【実施例1】**

(基板)

実施例1では、基板としてC面を主面とするサファイアを用いる。

尚、サファイアのような窒化物半導体と異なる異種基板に代えて、GaN基板などの窒化物半導体からなる基板を用いてもよい。C面を主面とするサファイア基板以外の異種基板としては、例えば、R面、及びA面のいずれかを主面とするサファイア、スピネル、ZnS、ZnO、GaN、Si、SiC及び窒化物半

導体と格子整合する酸化物基板等、窒化物半導体を成長させることが可能な基板材料を用いることができる。好ましい異種基板としてはサファイア、スピネルが挙げられる。

【0036】

(バッファ層)

2インチφ、C面を正面とするサファイアよりなる異種基板をMOVPE反応容器内にセットし温度を500℃にしてトリメチルガリウム(TMГ)、アンモニア(NH₃)を用い、GaNよりなるバッファ層を200Åの膜厚で成長させる。

【0037】

(下地層)

バッファ層形成後、温度を1050℃にして、TMГ、アンモニアを用い、アンドープGaNよりなる窒化物半導体層を4μmの膜厚で成長させる。この層は、素子構造を形成する各層の成長において下地層(成長基板)として作用する。下地層としてこの他にELOG(Epitaxially Laterally Overgrowth)成長させた窒化物半導体を用いると結晶性が良好な成長基板が得られる。ELOG成長層の具体例としては、異種基板上に、窒化物半導体層を成長させ、その表面に窒化物半導体の成長が困難な保護膜を設ける等して形成したマスク領域と、窒化物半導体を成長させる非マスク領域とをストライプ状に設け、その非マスク領域から窒化物半導体を成長させることで、膜厚方向への成長に加えて横方向への成長が成されることにより、マスク領域にも窒化物半導体が成長して成膜させたものや、異種基板上に成長させた窒化物半導体層に開口部を設け、その開口部側面から横方向への成長が成されて成膜されたもの等が挙げられる。

【0038】

(n側コンタクト層)

次に、下地層(窒化物半導体基板)上にTMГ、TMA、アンモニア、不純物ガスとしてシランガスを用い、1050℃でSiを1×10¹⁸/cm³ドープさせたn型AlGaNよりなるn側コンタクト層を4.5μmの膜厚で成長させ

る。n側コンタクト層は、AlGaN以外のn型窒化物半導体層によって構成しても良く、例えばGaNであっても良い。

【0039】

(クラック防止層)

次に、TMG、TMI（トリメチルインジウム）、アンモニアを用い、温度を800℃にしてIn0.06Ga0.94Nよりなるクラック防止層を0.15μmの膜厚で成長させる。なお、このクラック防止層は省略可能である。

【0040】

(n側クラッド層)

次に、温度を1050℃にして、原料ガスにTMA（トリメチルアルミニウム）、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのAlGaNよりなるA層を25Åの膜厚で成長させ、続いてTMAを止め、不純物ガスとしてシランガスを用い、Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNよりなるB層を25Åの膜厚で成長させる。そしてこの操作をそれぞれ160回繰り返してA層とB層を交互に積層し、総膜厚8000Åの多層膜（超格子構造）よりなるn側クラッド層を成長させる。この時、アンドープAlGaNのAlの混晶比としては、0.05以上0.3以下の範囲であれば、十分にクラッド層として機能する屈折率差を設けることができる。尚、n側クラッド層は、活性層よりもバンドギャップの広く、電子を供給することができる窒化物半導体層であれば良く、好ましくはAlを含む窒化物半導体とする。

【0041】

(n側光ガイド層)

次に、同様の温度で原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、アンドープのGaNよりなるn側光ガイド層を0.1μmの膜厚で成長させる。この層は、n型不純物をドープさせてもよい。ガイド層に用いられる窒化物半導体としては、その外側に設けられるクラッド層と比較して、導波路形成に十分な屈折率を有していればよく、単一膜若しくは多層膜のいずれでも良い。具体的には、発振波長が370nm～470nmではアンドープのGaNが好ましく、比較的長波長な領域（450nm以上）では、InGaN/GaNの多層膜構造を用いることが好

ましい。

【0042】

(活性層)

次に、温度を800℃にして、原料にTMI（トリメチルインジウム）、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてシランガスを用い、Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたIn0.05Ga0.95Nよりなる障壁層を100Åの膜厚で成長させる。続いてシランガスを止め、アンドープのIn0.1Ga0.9Nよりなる井戸層を50Åの膜厚で成長させる。この操作を3回繰り返し、最後に障壁層を積層させて総膜厚550Åの多重量子井戸構造（MQW）の活性層を成長させる。

【0043】

尚、活性層は、Inを含む窒化物半導体層を用いることが好ましい。これにより、紫外線及び可視域において紫色系から赤色系の波長のレーザ光を得ることができる。また、Inを含む窒化物半導体層を用いる場合、活性層が大気に曝されると、レーザ素子駆動時において極めて重大な素子劣化を起こすことがある。これは、Inの融点が低いため、分解、蒸発が起こりやすく凸部形成時のエッチングによって損傷し、活性層露出後の加工においてその結晶性を保つことが困難となるので、ストライプ状の凸部を活性層に達しない深さに形成することが好ましい。活性層は、量子井戸構造であっても良く、その場合、单一量子井戸、多量子井戸のいずれでも良い。

【0044】

(p側電子閉込め層)

次に、同様の温度で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCp2Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、Mgを $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたAlGaNよりなるp側電子閉じ込め層を100Åの膜厚で成長させる。

【0045】

(p側光ガイド層)

次に、温度を1050℃にして、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、ア

ンドープのGaNよりなるp側光ガイド層を750Åの膜厚で成長させる。このp側光ガイド層はアンドープとして成長させるが、Mgをドープさせてもよい。ガイド層に用いられる窒化物半導体としては、その外側に設けられるクラッド層と比較して、導波路形成に十分な屈折率を有していればよく、単一膜若しくは多層膜のいずれでも良い。具体的には、発振波長が370nm～470nmではアンドープのGaNが好ましく、比較的長波長な領域(450nm以上)では、InGaN/GaNの多層膜構造を用いることが好ましい。

【0046】

(p側クラッド層)

続いて、1050°CでアンドープAl_{0.16}Ga_{0.84}Nよりなる層を25Åの膜厚で成長させ、続いてTMGを止め、Cp₂Mgを用いてMgドープGaNよりなる層を25Åの膜厚で成長させ、総膜厚0.6μmの超格子層よりなるp側クラッド層を成長させる。p側クラッド層は少なくとも一方がAlを含む窒化物半導体層を含み、互いにバンドギャップエネルギーが異なる窒化物半導体層を積層した超格子で作製した場合、不純物はいずれも一方の層に多くドープして、いわゆる変調ドープを行うと結晶性がよくなる傾向にあるが、両方に同じようにドープさせてもよい。p側クラッド層は、活性層よりもバンドギャップの広く、電子を供給することができる窒化物半導体層であれば良く、好ましくはAlを含む窒化物半導体とする。

【0047】

(p側コンタクト層)

最後に1050°Cでp側クラッド層の上にMgを1×10²⁰/cm³ドープしたp型GaNよりなるp側コンタクト層を150Åの膜厚で成長させる。p側コンタクト層はIn_xAl_yGa_{1-x-y}N(x≤0, y≤0, x+y≤1)で構成することができ、好ましくはMgをドープしたGaNとすればp電極と最も好ましいオーム接觸が得られる。反応終了後、反応容器内において窒素雰囲気中でウエハを700°Cでアニーリングして、p側コンタクト層を更に低抵抗化する。

【0048】

(n側コンタクト層露出及び共振器面形成)

以上のようにして窒化物半導体を成長させて積層構造体を形成した後、ウエハを反応容器から取り出し、最上層のp側コンタクト層の表面にSiO₂よりなる保護膜を形成してRIE（反応性イオンエッティング）を用いSiCl₄ガスによりエッティングし、n電極を形成させるn側コンタクト層の表面を露出させる。この時、共振器面となる活性層端面を露出させてエッティング端面を共振器端面とする。

【0049】

(リッジ部形成)

次に、ストライプ状の導波路領域を形成するために、最上層のp側コンタクト層のほぼ全面にCVD装置により、Si酸化物（主としてSiO₂）よりなる保護膜を0.5μmの膜厚で形成した後、保護膜の上に所定の形状のマスクをかけ、RIE装置によりCF₄ガスを用いたフォトリソグラフィー技術によりストライプ状の保護膜を形成する。そして、再度RIEによりSiCl₄を用いて、p側コンタクト層及びp側クラッド層をエッティングして、ストライプ幅2μmのリッジ部14aを形成する。

【0050】

(第1の絶縁保護膜)

次に、SiO₂マスクをつけたまま、p側窒化物半導体層表面にZrO₂よりなる第1の絶縁膜17を形成する。この第1の絶縁膜17は、n側オーム電極16形成面をマスクして半導体層の全面に設けてよい。また、後に分割され易いように絶縁膜17を形成させない部分を設ける。第1の絶縁膜17形成後、バッファード液に浸漬して、ストライプ状凸部14aの上面に形成したSiO₂を溶解除去し、リフトオフ法によりSiO₂と共に、リッジ部14a上（更にはn型コンタクト層上）にあるZrO₂17を除去する。これにより、リッジ部14aの頂面は露出され、リッジ部14aの側面はZrO₂17で覆われた構造となる。

【0051】

(p側オーム電極)

次に、第1の絶縁保護膜17上にp側オーム電極15を形成させる。p側オーム電極15は、p側窒化物半導体層14よりも内側に形成する。このp側オーム電極15は、Ni-Auからなる。また、エッティングにより露出されたn側コンタクト層の表面にもストライプ状のn側オーム電極16を形成させる。n側オーム電極16はTi-Alからなる。これらを形成後、それを酸素：窒素が80：20の割合の雰囲気中で、600°Cでアニーリングすることで、p側、n側ともオーム電極を合金化し、良好なオーム特性を得る。

【0052】

(第2の絶縁保護膜、拡散防止膜)

次いで、リッジ部14a両脇であってp側オーム電極15上のリッジに平行な細長い2つの領域、n側オーム電極16の一部にレジストを塗布し、Si酸化物(主としてSiO₂)からなる第2の絶縁膜18を、チップ分割位置を除いた全面に形成する。その後、レジストをリフトオフすることで、図3(d)に示すように、2つの開口部18aを有する第2の絶縁保護膜18を形成する。この第2の絶縁保護膜18の開口部18aに挟まれた領域が、拡散防止膜30となる。

【0053】

(パッド電極)

次に、上記の絶縁膜を覆うようにp側パッド電極19及びn側パッド電極29がそれぞれ形成される。p側パッド電極19は、p側オーム電極15よりも広く、かつ、第2の絶縁保護膜18よりも狭く形成する。このように形成することで、第2の絶縁保護膜18に設けられた開口部18aを通じて、p側パッド電極19とp側オーム電極15が接触することができる。p側パッド電極19とn側パッド電極29は、Ni-Ti-Auからなる。このパッド電極は、露出されたオーム電極15及び16とストライプ状に接している。

【0054】

(バー状に分割)

以上のようにしてp側オーム電極及びn側オーム電極を形成した後、

基板を研磨して基板を含めた総膜厚を $200\mu\text{m}$ とし、裏面にTi-Pt-Auからなるバックメタルを形成させた後、ストライプ状の電極に垂直な方向で基板側からバー状に割る。このとき、バー状に分割させる前に基板の裏面側から分割位置に対応してスクライブを入れおくと、後工程で分割させやすくなる。

【0055】

(光反射側ミラー)

以上のようにしてバー状に分割された半導体は、バーの一方には光出射側の共振器面が並び、反対側には光反射側の共振器面が並んでいる。このような数本のバーを、光出射側の共振器面、及び光反射側の共振器面が同一の方向に向くように角度を変える。次いで、各バー間にスペーサーを介して隙間がないように成膜治具に並べる。このようにスペーサーを介することで、素子に形成された電極等に保護膜が形成されないようにできる。まず、光反射側の共振器面にはZrO₂と(SiO₂/ZrO₂)の6ペアが形成されてミラーとなる。このようにしてリッジ導波路型窒化物半導体レーザが形成される。

【0056】

(実装)

次に、得られたリッジ導波路型窒化物半導体レーザを、実装基板上にフェイスダウン実装する。実装基板上の実装用電極には導電性接合剤としてSn/Auバンプ23が形成されており、そのSn/Auバンプ23にp側パッド電極19とn側パッド電極29を接触させて、加熱することによりレーザチップが実装される。

【0057】

上記のようにして得られた窒化物半導体レーザは、出力が約60mWで、閾値電流は約40mAとなる。従来に比べて熱抵抗及び駆動電流が低下することで高温動作時の信頼性が向上し、また、寿命特性も向上する。

【0058】

[実施例2]

実施例2では、第2の絶縁保護膜と拡散防止膜を別々に形成し、拡散防止膜の材料としてSiNを用いる。以下、第2の絶縁保護膜と拡散防止膜の形成につい

て説明する。その他の点は実施例1と同様である。

【0059】

(第2の絶縁保護膜)

リッジ直交方向において、p側オーム電極のほぼ全面とn側オーム電極の一部にレジストを塗布し、Si酸化物（主としてSiO₂）からなる第2の絶縁膜を、チップ分割位置を除いた全面に形成する。その後、レジストをリフトオフすることで、リッジ部を含むp側オーム電極の大部分とn側オーム電極の一部が露出するように、第2の絶縁保護膜を形成することができる。

【0060】

(拡散防止膜)

次に、p側オーム電極上において、リッジ部の頂面を全て覆い、かつ、p側オーム電極の一部が露出するように、SiNから成る拡散保護膜を形成する。本実施例では、このp側オーム電極の露出部において、p側パッド電極とp側オーム電極が接触する。拡散保護膜のパターニングには、例えば、レジストを用いたリフトオフ法を使用することができる。

【0061】

上記のようにして得られた窒化物半導体レーザは、実施例1と同様に、熱抵抗及び駆動電流が低下することで高温動作時の信頼性が向上し、また、寿命特性も向上する。

【0062】

[比較例1]

実施例2において、拡散防止膜を形成しない他は、同様にして窒化物半導体レーザを作製したところ、微小電流域で非発光点が発生しており、導波路領域内で発光にムラが生じていた。

【0063】

[実施例3]

リッジ部のストライプ幅を5μmとした他は、実施例1と同様にして窒化物半導体レーザを作成すると、出力100mWで、閾値電流が70mAとなる。また、実施例1と同様に、熱抵抗及び駆動電流が低下することで高温動作時の信頼性

が向上し、また、寿命特性も向上する。

【0064】

[実施例4]

本実施例では、マルチストライプ型のレーザに本件発明を適用する。下記に説明する以外の点については、実施例1と同様である。

まず、図4に示すように、ストライプ幅 $3 \mu\text{m}$ のリッジ部14aを、 $2 \mu\text{m}$ の間隔を空けて2本並列に形成する。次に、ZrO₂から成る第1の絶縁保護膜17を、リッジ部14aの頂面が露出するように形成する。そして、第1絶縁保護膜17の上に、Ni-Auから成るp側オーム電極15を形成する。本実施例では、p側オーム電極15は、2つのリッジ14aの頂面を覆うように連続に形成する。そして、2つのリッジ14aを一体として見たときにリッジ長手方向に平行な最外側、即ち、図4において左側リッジ14aの左側及び右側リッジ14aの右側に開口部18aを有するように、第2の絶縁保護膜18兼拡散防止膜30を形成する。そのようにして形成した第2の絶縁保護膜18兼拡散防止膜30を覆うようにp側パッド電極19を形成すると、開口部18aを通じて、p側パッド電極19とp側オーム電極15の間の導通を取ることができる。

【0065】

以上のようにして形成したレーザは、出力が100mWで閾値電流が100mAとなる。また、実施例1と同様に、熱抵抗及び駆動電流が低下することで高温動作時の信頼性が向上し、また、寿命特性も向上する。

【0066】

このように、複数のリッジ部を有するマルチストライプ型のレーザの場合、p側オーム電極を複数のリッジ部に渡って連続に形成し、複数並んだリッジ部のリッジ長手方向に平行な最外側の領域においてp側オーム電極が露出するように拡散防止膜30を形成し、その最外側の領域においてp側オーム電極とp側パッド電極の導通を取ることが好ましい。即ち、複数のリッジ部が並列している場合に、リッジ部同士の間の部分にはp側オーム電極と拡散防止膜を連続して形成しておき、複数並んだリッジ部のリッジ長手方向に平行な最外側の領域においてp側オーム電極を拡散防止膜から露出させてp側パッド電極と

の導通を確保する。このことにより、リッジ部同士の間隔が狭い場合であっても、拡散防止膜30によって個々のリッジ部の角部まで有効に覆いながら、p側パッド電極とp側オーム電極の間の導通を確保することができる。従って、リッジ部同士の間隔を狭くして、マルチストライプレーザの出射光スポット径を小さくすることができる。

【0067】

尚、リッジ部同士の間隔を広く取ることができる場合や、拡散防止膜30によってリッジ部の角部までを覆う必要がない場合には、p側オーム電極や拡散防止膜を不連続に形成し、個々のリッジ部14aの両脇で、p側オーム電極とp側パッド電極の導通を取っても構わない。

【0068】

[実施例5]

本実施例では、窒化ガリウム系ではなく、ガリウム砒素系化合物半導体を用いたレーザに本件発明を適用する。本実施例は、基板裏面にn電極が形成されている点で実施例1乃至4と異なる。しかしながら、p電極側を下側にして実装を行うため、実施例1乃至4と同様に本件発明を適用することができる。

【0069】

n-InGaP基板の上に、n-InnPクラッド層、n-InGaAsPガイド層、InGaAsP活性層、p-InGaAsPガイド層、p-InnPクラッド層、p-InGaAsPコンタクト層を積層し、p-InnPクラッド層の途中までエッチングすることによってリッジ部を形成する。Au/Znから成るp側オーム電極をp-InGaAsPコンタクト層の上に形成し、Au/Geから成るn側オーム電極をn-InGaP基板の裏面に形成する。そして、p側オーム電極の上に、p側オーム電極とp-InGaAsPコンタクト層の接合部を覆うようにSiO₂等から成る拡散防止膜を形成する。そして、p側オーム電極及びn側オーム電極の上にパッド電極を形成した後、p側を下側にして、実装用基板又はリードフレームの上にボンディングを行い、n側パッド電極に対しては別途ボンディングを行う。尚、p電極側を下側にするのは、GaAs系はGaN系よりも熱導電率が悪いため、活性層に近いp型層から放

熱することが有利だからである。

【0070】

このようにして作製したGaN系レーザは、従来の拡散防止膜を形成しない場合に比べて、素子寿命が向上する。

【0071】

尚、これまでGaN系又はGaN系リッジ導波路型半導体レーザに本件発明を適用した場合について説明したが、本発明はこれらに限定されない。例えば、GaN系やGaN系以外のIII-V族化合物半導体や、InP、ZnSe等のI-VI族化合物半導体から成るリッジ導波路型半導体レーザについても、上記具体例と同様にして本発明を適用することができる。

【0072】

【発明の効果】

本発明は、以上説明したように構成されているため、実装時に用いる導電性接合剤のp側オーミック電極への拡散や、リッジ部における絶縁保護膜やp型電極の剥離を抑制することができる。従って、リッジ導波路型半導体レーザにおいて、実装時に生じるレーザ特性異常や寿命特性の劣化を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明の実施の形態1に係るリッジ導波路型レーザが実装用基板に実装されている様子を示す模式断面図である。

【図2】 図2は、本発明の実施の形態1に係るリッジ導波路型レーザのリッジ部近傍の構造を示す模式断面図である。

【図3】 図3は、本発明の実施の形態2に係るリッジ導波路型レーザのp側半導体層の部分を上面から見た図であり、電極等を形成する工程を示す。

【図4】 図4は、本発明の実施例4に係るリッジ導波路型レーザのリッジ部近傍の構造を示す模式断面図である。

【図5】 図5は、従来のリッジ導波路型窒化物半導体レーザの一例を示す模式断面図である。

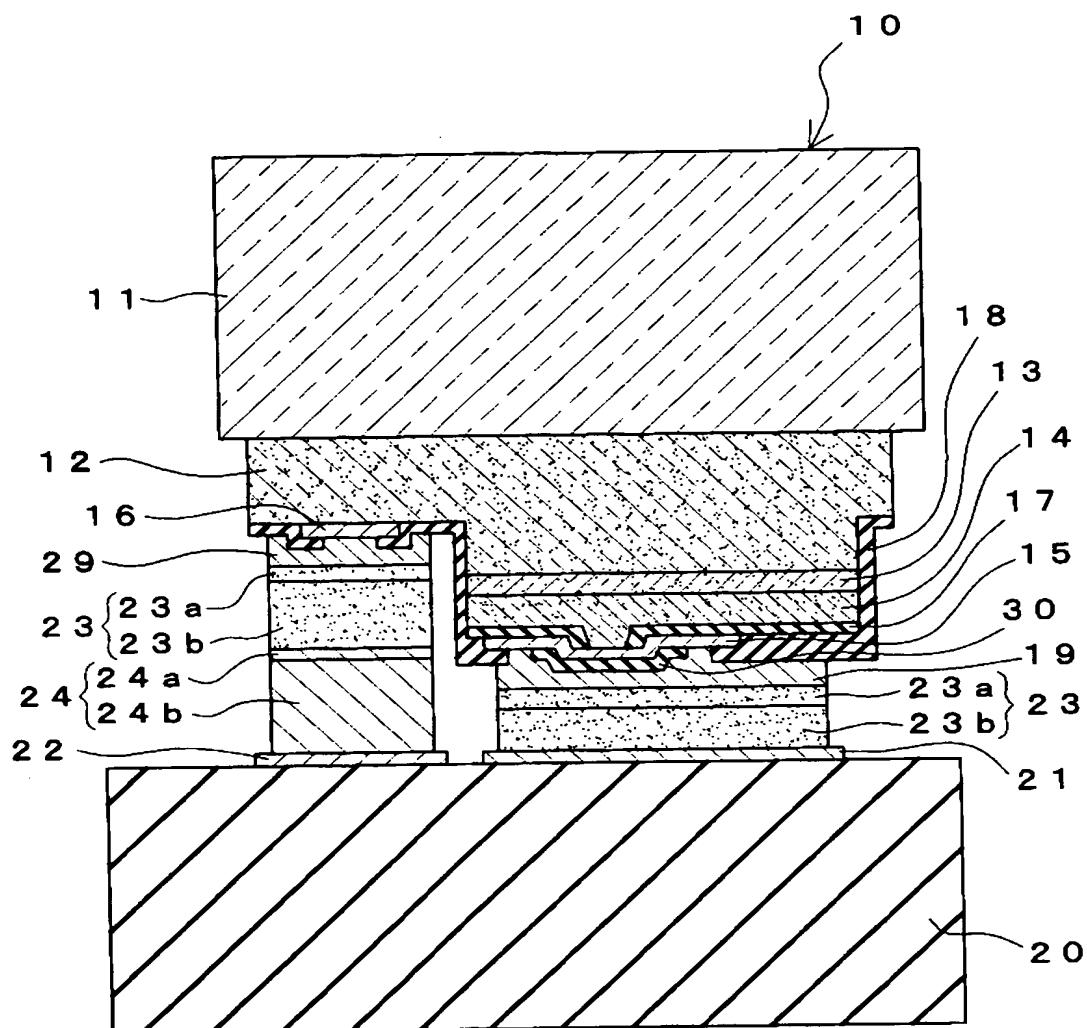
【図6】 図6は、従来の窒化物半導体レーザのリッジ部近傍の構造を示す模式断面図である。

【符号の説明】

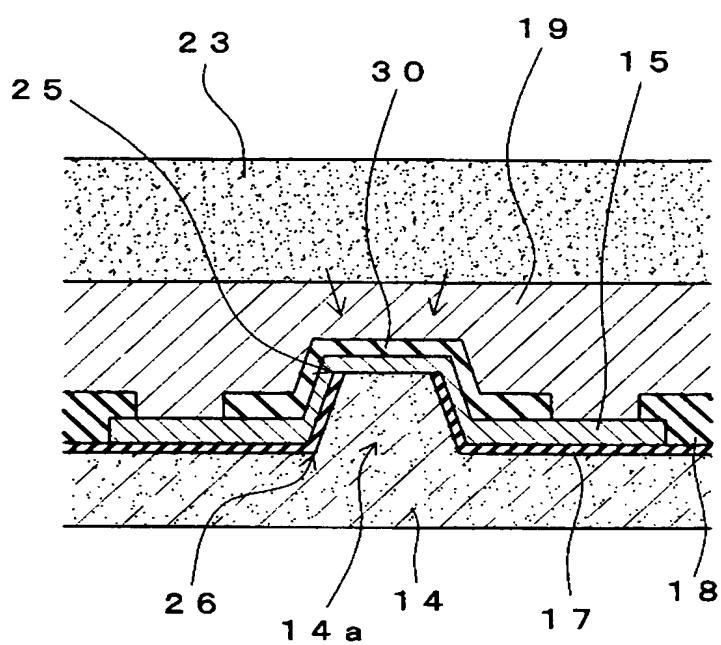
- 1 0 : 半導体レーザ、
- 1 1 : 基板、
- 1 2 : n型窒化物半導体層、
- 1 3 : 活性層、
- 1 4 : p型窒化物半導体層、
- 1 4 a : リッジ部、
- 1 5 : p側オーミック電極、
- 1 6 : n側オーミック電極、
- 1 7 : 第1の保護絶縁膜、
- 1 8 : 第2の保護絶縁膜、
- 1 9 : p側パッド電極、
- 2 0 : 実装基板、
- 2 1、2 2 : 実装基板上の電極、
- 2 3 : 導電性接合剤（半田バンプ）、
- 3 0 : 拡散防止層

【書類名】 図面

【図1】

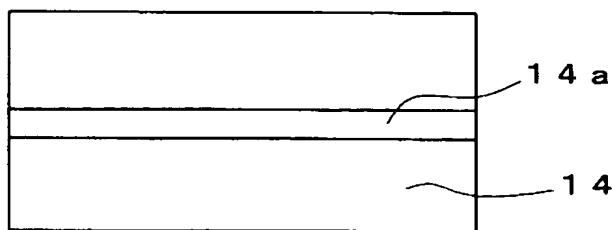


【図2】

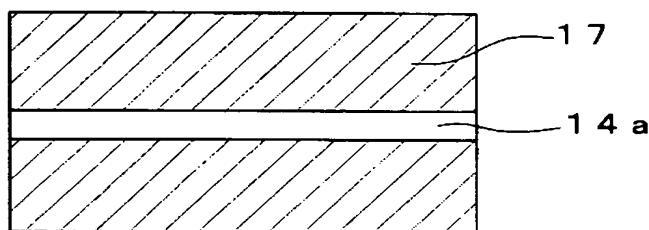


【図3】

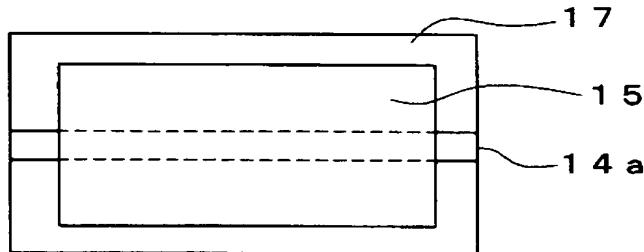
(a)



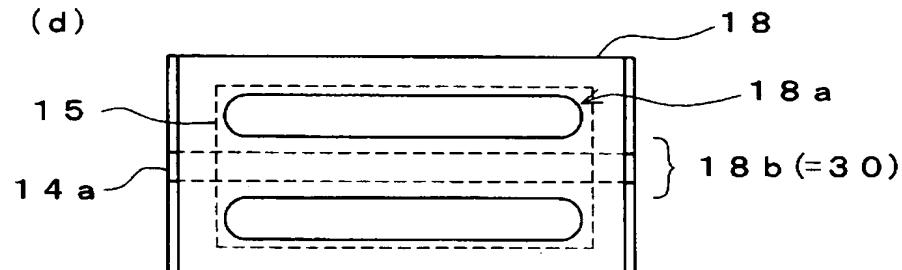
(b)



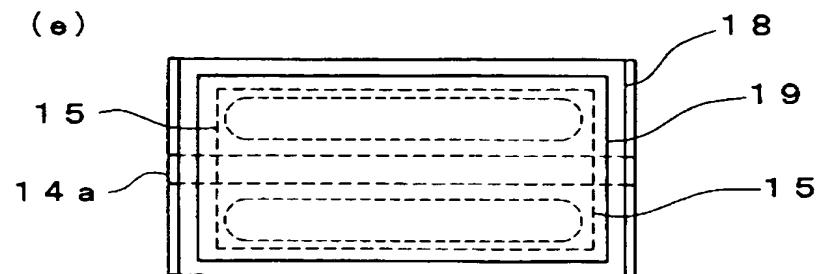
(c)



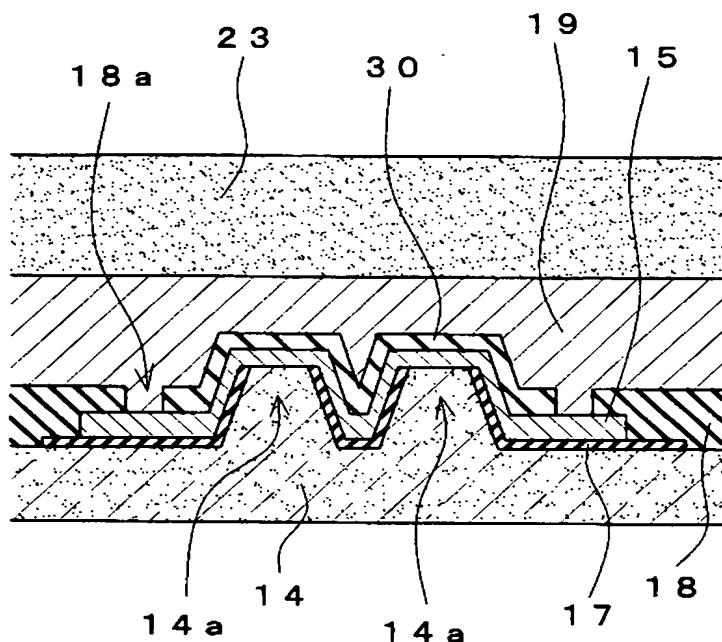
(d)



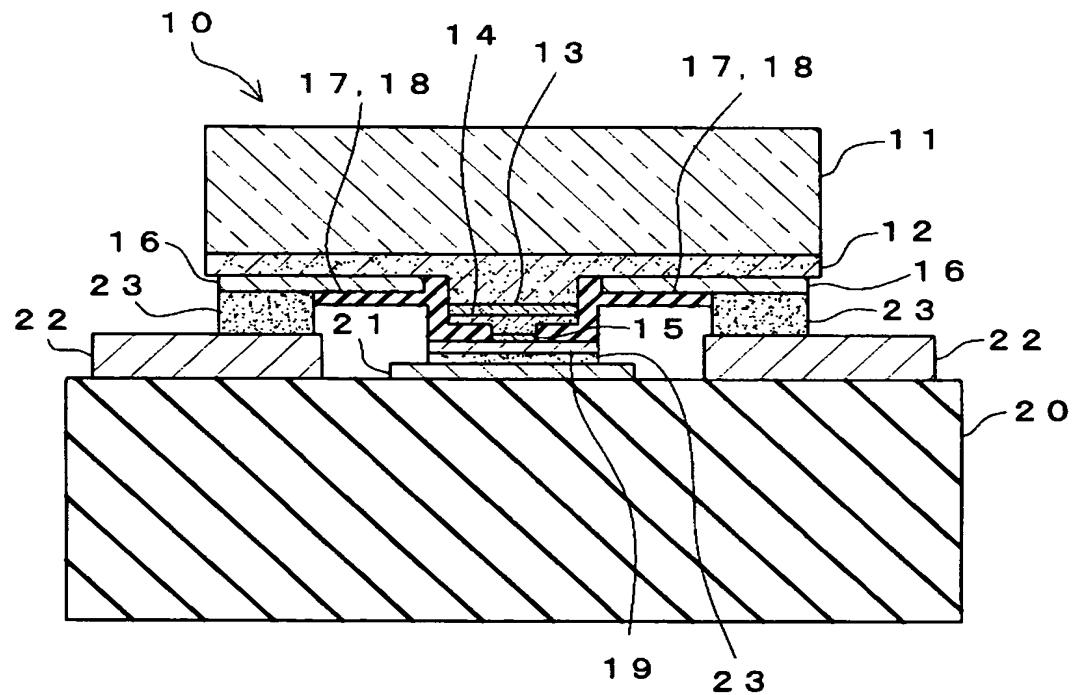
(e)



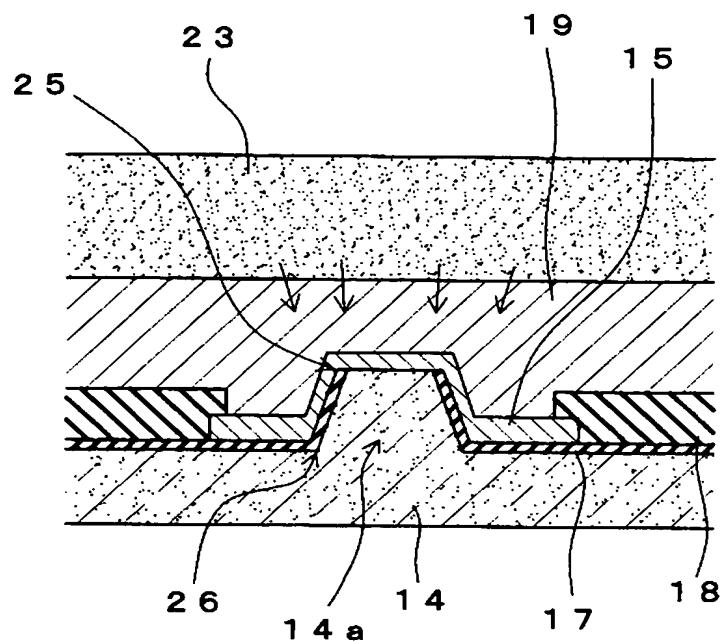
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 リッジ導波路型半導体レーザにおいて、実装時に生じるレーザ特性異常や寿命特性の劣化を防止することができる、新規なレーザ素子構造を提供する。

【解決手段】 p側半導体層14に形成された導波路形成用のリッジ部14aと、リッジ部頂面の少なくとも一部が露出するように覆う絶縁保護膜17と、そこから露出したリッジ部にオーム接觸したp側オーム電極15と、p側オーム電極に電気接觸するよう形成されたp側パッド電極19とを備えたリッジ導波路型半導体レーザにおいて、p側オーム電極とp側パッド電極の間に、低融点金属の拡散を防止可能な拡散防止層30が形成され、拡散防止層が、少なくとも絶縁保護膜17から露出したリッジ部14aを覆う。拡散防止層により、実装用の導電性接合剤からリッジ部に低融点金属が拡散することを抑制し、p側オーム電極とp型窒化物半導体層とのオーム接觸を良好に維持する。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-340625
受付番号	50201774185
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成14年11月29日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000226057
【住所又は居所】	徳島県阿南市上中町岡491番地100
【氏名又は名称】	日亜化学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】	100074354
【住所又は居所】	徳島県徳島市金沢1丁目5番9号
【氏名又は名称】	豊栖 康弘
【代理人】	申請人
【識別番号】	100091465
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMP ビル 青山特許事務所
【氏名又は名称】	石井 久夫

次頁無

特願 2002-340625

出願人履歴情報

識別番号 [000226057]

1. 変更年月日 1990年 8月18日
[変更理由] 新規登録
住 所 徳島県阿南市上中町岡491番地100
氏 名 日亜化学工業株式会社